

# EFECTO DE ENMIENDAS CALCÁREAS SOBRE LA EFICACIA DE METSULFURON-METIL EN EL CONTROL DE MALEZAS EN TRIGO

Ricardo Fuentes P. , Gabriel Jerez L. y Dante Pinochet T.

Facultad Ciencias Agrarias . Universidad Austral de Chile. Casilla 567 Valdivia.

Correspondencia: [rfuentes@uach.cl](mailto:rfuentes@uach.cl)

**Effect of liming amendments on the efficacy of metsulfuron-metil in the control of weeds in wheat**

## ABSTRACT

**Key words:** liming amendments, lime, acid soil, metsulfuron-methyl, wheat, weed control

Liming has been intensified as usual agricultural management practice in acid soils, south of Chile. In addition to, the use of sulfonylureas is common on the control of cereal crop weeds. The aim of this study was to evaluate the efficacy of different rates of metsulfuron-methyl on the control of wheat weeds under field conditions, using an Hapludand amended with different levels of calcium carbonate. The soil site had in the arable layer, previous to liming treatments, a pH of 5.0, an organic matter content of 14,9% and an aluminum saturation of 41,1%. The treatment were arranged on a factorial design of three levels of calcium carbonate (0, 5 and 10 t ha<sup>-1</sup>) and five rates of metsulfuron-methyl (0, 1,2, 2,4, 3,6 and 4,8 g a.i ha<sup>-1</sup>). Soil pH evaluated after 60 days from liming varied to 5,0, 5,8 and 6,1 with the different lime rates used. The total aerial biomass of weeds was reduced on 43% and 66%, only by concept of the pH change, after lime with 5 and 10 t ha<sup>-1</sup>, respectively. The maximum reduction over the dominant species initially present, *Raphanus sativum L.*, *Spergula arvensis L.* and *Polygonum persicaria L.*, was obtained with lower metsulfuron-methyl rates on limed treatments than those over the control with no liming application. Total suppression of weed species was obtained on the treatment of 3,6 g a.i ha<sup>-1</sup> of metsulfuron-methyl for both 5 and 10 t CaCO<sub>3</sub> ha<sup>-1</sup>. However, the same herbicide rate obtained an 85% of weeds reduction with no lime application. These results showed that liming produce a favorable habitat for wheat development and increasing the efficacy of metsulfuron-methyl over weeds.

**Palabras claves:** enmiendas calcáreas, cal, suelos ácidos, metsulfuron-metil, trigo, control de malezas

## RESUMEN

El uso de enmiendas calcáreas se ha intensificado como una práctica agrícola habitual en los suelos ácidos del sur del Chile. Además, es común el uso de las sulfonilureas sobre el control de malezas en cultivo de cereales. El objetivo de este trabajo fue evaluar, bajo condiciones de campo, la variación de la eficacia de diferentes dosis de metsulfuron-metil sobre el control de malezas en un cultivo de trigo sobre un Hapludand sometido a distintas dosis de carbonato de calcio. El suelo utilizado presentó en la capa arable un pH

inicial de 5,0; un contenido de materia orgánica de 14,9 % y un porcentaje de saturación de aluminio de 41,1%. Los tratamientos se ordenaron en un arreglo factorial correspondiente a tres niveles de carbonato de calcio (0, 5 y 10 t ha<sup>-1</sup>) por cinco dosis de metsulfuron-metil (0, 1,2, 2,4, 3,6 y 4,8 g i.a ha<sup>-1</sup>). El pH inicial medido a los 60 días después de la aplicación de cal varió a 5,0, 5,8 y 6,1 con las diferentes dosis empleadas. La biomasa aérea total de las especies invasoras se redujo, solo por el efecto pH, en un 43 y 66% como consecuencia de las aplicaciones de 5 y 10 t de cal, respectivamente. El máximo control de las especies dominante *Raphanus sativus* L., *Spergula arvensis* L. y *Polygonum persicaria* L. se logró con menores dosis de metsulfuron-metil cuando se utilizaron aplicaciones de carbonato de calcio, comparadas con el testigo sin cal. El control total de las especies invasoras se logró con 3,6 g i.a ha<sup>-1</sup> de metsulfuron-metil en condiciones de 5 o 10 t de carbonato de calcio. Sin embargo, con la misma dosis de herbicida, solo se alcanzó un 85% de control, cuando no existieron aplicaciones de CaCO<sub>3</sub>. Los resultados muestran que el encalado del suelo produce un hábitat más favorable para el desarrollo del cultivo y aumentando la eficacia sobre de control de malezas de metsulfuron-metil.

## INTRODUCCIÓN

Una práctica agrícola habitual en los suelos ácidos es el uso de enmiendas calcáreas para modificar el pH del suelo y favorecer las condiciones de desarrollo de los cultivos de cereales (Blacklow y Pheloung, 1992). La aplicación de cal, en suelos ácidos de carga variable, disminuye la fitotoxicidad por aluminio y produce un aumento de los rendimientos de los cultivos. Además, el incremento del valor del pH causa un aumento de la carga negativa y con ello una mayor capacidad de retención de bases del complejo de intercambio que mejora el nivel de fertilidad del suelo (Mora y Demanet, 1999). Además, algunos estudios han demostrado que, en rotaciones de cultivos, el cambio en la reacción del suelo con enmiendas calcáreas reduce el número y biomasa de malezas presentes (Ciuberkis, 1996; Ciuberkienė et al., 2003).

Por otra parte, junto al uso de enmiendas se ha intensificado la utilización de herbicidas del grupo de las sulfonilureas, especialmente en cultivos de cereales, debido principalmente a su amplio espectro de acción a muy bajas dosis de estos productos, buena selectividad en cultivos de cereales y baja toxicidad animal. La sulfonilureas presentan una alta actividad en el suelo y estudios, realizados tanto de

campo como en laboratorio, han demostrado que su fitotoxicidad y persistencia es altamente dependiente del pH y contenido de materia orgánica del suelo (Beyer et al., 1987; Blair y Martin, 1988; Brown, 1990). Estos herbicidas se caracterizan por ser ácidos débiles con un valor de pKa que varía entre 3,3 a 5,2 y su tasa de hidrólisis es pH dependiente (Brown, 1990; Hay, 1990). Condiciones de pH ácido en el suelo aumentan la tasa de hidrólisis de las sulfonilureas en el suelo a través de un proceso de mayor ionización del herbicida (Rahman et al., 1996).

El nivel de fitotoxicidad de metsulfuron-metil en el suelo, un herbicida del grupo de las sulfonilureas, está correlacionado negativamente con el contenido de materia orgánica (Castro et al., 2002; Walker et al., 1989) y positivamente con el valor del pH (Castro et al., 2002; Kotoula-Syka et al., 1993), no siendo influenciado por la textura (Kotoula-Syka et al., 1993). Metsulfuron-metil es un ácido débil (pKa 3,3) y se ha reportado una alta correlación entre la capacidad de adsorción a los coloides del suelo y el valor del pH, permitiendo una mayor fitotoxicidad en pH altos debido a la menor adsorción del herbicida (Walker et al., 1989). Otros antecedentes indican que al aumentar el valor de pH del suelo, con un encalado de corrección, se reduce la pro

porción de metsulfuron-metil adsorbido en la matriz coloidal del suelo, aumentando la cantidad de herbicida biodisponible en la solución del suelo (Abdullah et al., 2001), lo que permitiría mejorar la capacidad de control de malezas del producto. Estudios realizados en invernadero por Holloway et al. (1995), usando especies forrajeras como plantas indicadoras, mostraron que aplicaciones de cal aumentan la biodisponibilidad de metsulfuron en el suelo, prolongando su efecto residual. Estos resultados han sido confirmados por Rahman et al. (1996), quienes demostraron con la sulfonilurea tribenuron, que aplicaciones de cal incrementaron la actividad y persistencia del herbicida en el suelo. Investigaciones similares demostraron que la adsorción de proflusurón, otro herbicida del grupo de las sulfonilureas, disminuye con los aumentos pH del suelo causado por las aplicaciones de enmiendas calcáreas (Hyun y Lee, 2004).

Los efectos del encalado y del uso de sulfonilureas sobre el control de malezas en trigo no han sido evaluados en forma conjunta; y considerando que las enmiendas calcáreas en un suelo ácido causarían una mayor biodisponibilidad del herbicida en la solución suelo y crearían un hábitat mas favorable para la competencia del cultivo con la malezas, podría esperarse que

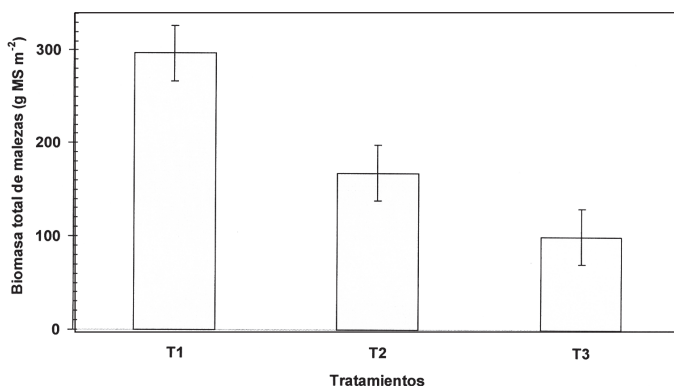
con una misma dosis de sulfonilurea se aumente su eficacia de control sobre malezas.

Por tanto, el objetivo de este trabajo fue evaluar en un cultivo de trigo, bajo condiciones de campo, la variación de la eficacia de diferentes dosis de metsulfuron-metil sobre el control de malezas en un Hapludand sometido a diferentes dosis de encalado.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Durante la temporada agrícola 2004-2005 se estableció un ensayo de campo, en la estación experimental Santa Rosa de la Universidad Austral de Chile, utilizando trigo cv. As Baer, sembrado el 10 de agosto 2004, en un suelo derivado de cenizas volcánicas, serie Valdivia (pH de 5,0, 14,9 % materia orgánica, saturación de aluminio 41,1%, 15,3 ppm P-Olsen y textura superficial franco limosa).

El diseño experimental fue de bloques completos al azar con tratamientos (cuatro repeticiones) en un arreglo factorial de 3 x 5, que correspondieron a dos dosis de carbonato de calcio más un control sin aplicación (0, 5 y 10 t ha<sup>-1</sup>) por cinco dosis de metsulfuron-metil (0, 1,2, 2,4, 3,6 y 4,8 g i.a ha<sup>-1</sup>). El carbonato de calcio fue aplicado e incorporado 60 días antes de la



**Figura 1.** Biomasa total de malezas en un cultivo de trigo a los 45 días después de la siembra por efecto de diferentes valores de pH del suelo obtenido con distintas dosis de carbonato de calcio (T1 = pH 5,0 y 0 t CaCO<sub>3</sub> ha<sup>-1</sup>; T2 = pH 5,8 y 5 t CaCO<sub>3</sub> ha<sup>-1</sup>; T3 = pH 6,1 y 10 t CaCO<sub>3</sub> ha<sup>-1</sup>).

**Figure 1.** Total biomass of weeds in a wheat crop to the 45 days after sowing by effect of different values from pH of the soil obtained with different doses from calcium carbonate (T1 = pH 5,0 and 0 t CaCO<sub>3</sub> ha<sup>-1</sup>; T2 = pH 5,8 and 5 t CaCO<sub>3</sub> ha<sup>-1</sup>; T3 = pH 6,1 and 10 t CaCO<sub>3</sub> ha<sup>-1</sup>).

bra del cultivo y el herbicida fue aplicado cuando el cultivo y las malezas se encontraban al estado de 3 a 4 hojas. En el momento de la siembra se determinó el pH del suelo de los primeros 20 cm de profundidad, en los tratamientos con carbonato de calcio. La unidad experimental estuvo constituida por una parcela de 2 x 1,3 m.

A los 45 días después de la aplicación del herbicida se determinó el peso de la materia seca aérea de las todas las especies de malezas. El porcentaje de control de cada especie de maleza se expresó en función de la biomasa obtenida en cada tratamiento de acuerdo a la Ecuación (1). Posteriormente, a la cosecha se determinó el rendimiento de granos.

$$PC = \left(1 - \frac{B_{trat}}{B_{test}}\right) * 100$$

Donde:

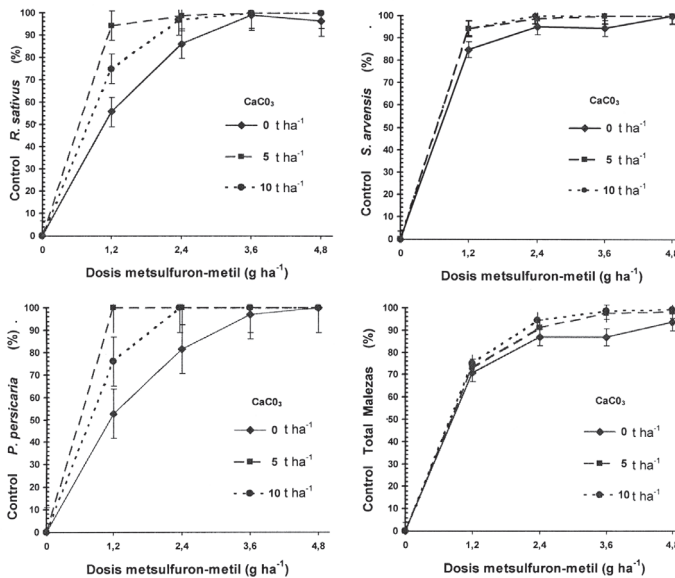
**PC** = Porcentaje de control por especie

**B<sub>trat</sub>** = Biomasa de la especie en el tratamiento

**B<sub>test</sub>** = Biomasa de la especie en el tratamiento testigo sin herbicida

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores de pH obtenidos el día de la siembra fueron de 5,0, 5,8 y 6,1 para los tratamientos de 0, 5 y 10 t de CaCO<sub>3</sub>, respectivamente. La biomasa total de las especies de malezas presente a los 45 días en cada uno de los tratamientos sin herbicida y con las diferentes dosis de carbonato de se muestran en la Figura 1. En estos resultados se puede observar que la biomasa total de las especies invasoras se redujo en un 43 y 66 % con el aumento del pH del suelo como consecuencia de las aplicaciones de 5 y 10 t de cal, respectivamente. Esta situación mostró una reducción de la biomasa total de malezas alrededor de un 40% por cada 5 t de cal ha<sup>-1</sup>. Los valores señalados serian comparables a los reportados por Ciuberkiene et al. (2003) quienes registraron, en rotaciones de cinco años de cultivo en que se incluía trigo, reducciones de la biomasa de malezas de un 63% como consecuencia de cambios en la reacción el suelo desde pH 4,0 a 6,4. Estos re



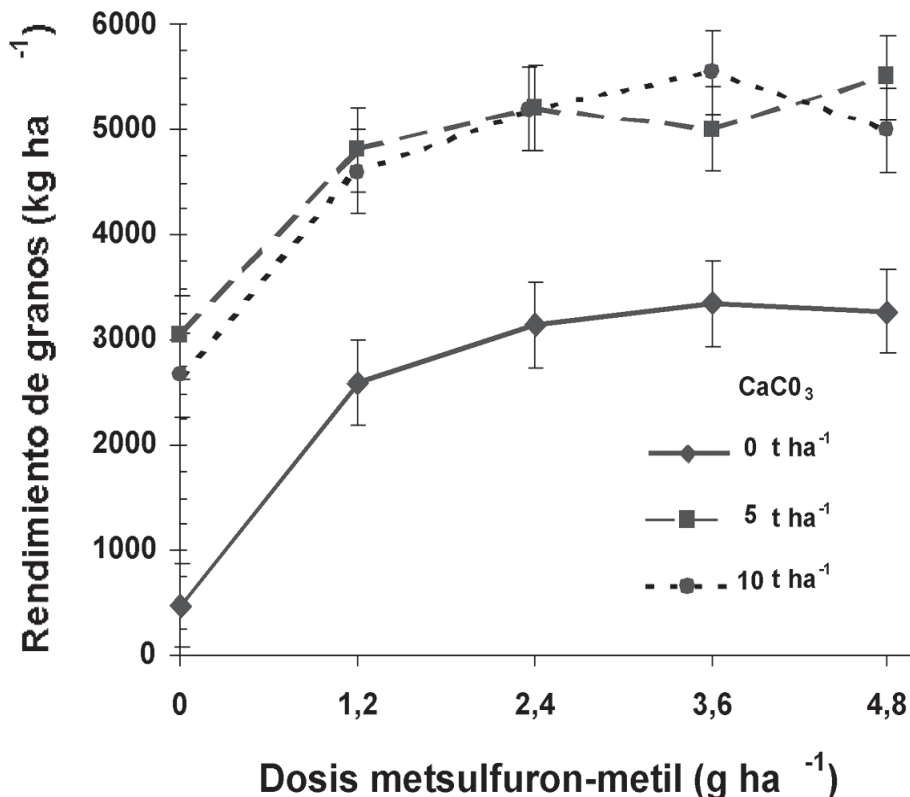
**Figura 2.** Control de *Raphanus sativus*, *Spergula arvensis*, *Polygonum persicaria* y total de malezas a los 45 días después de la aplicación de diferentes dosis de metsulfuron-metil bajo distintas dosis de carbonato de calcio aplicado al suelo en un cultivo de trigo.

**Figure 2.** Control of *Raphanus sativus*, *Spergula arvensis*, *Polygonum persicaria* and, total of weeds to the 45 days after the application of different doses from metsulfuron-metil under different doses from calcium carbonate applied from the soil in a wheat crops.

siemsultados confirmarían que un aumento del pH del suelo determinaría un hábitat mas favorable para el desarrollo del cultivo, proporcionándole una mayor habilidad competitiva y creando un ambiente menos favorable para el desarrollo de las especies que se establecen a partir del banco de semillas del suelo.

En la Figura 2 se presentan los valores observados para porcentajes de control en las tres especies más dominantes en el ensayo y en el total de malezas, a los 45 días después de la aplicación de diferentes dosis de metsulfuron-metil con distintas dosis de carbonato de calcio aplicado al suelo. En estos valores se observa que, cuando se utilizaron aplicaciones de cal, el máxi-

mo control de las especies *Raphanus sativus* L., *Spergula arvensis* L. y *Polygonum persicaria* L. y el total de especies de malezas se lograron con dosis menores de metsulfuron-metil, comparado con el testigo sin enmienda calcárea. Así las especies *R. sativus* y *P. persicaria* fueron controladas completamente a partir de 3,6 g ha<sup>-1</sup> del herbicida cuando no se modificó el valor de la reacción del suelo; en cambio, con aplicaciones de 5 t de CaCO<sub>3</sub> ha<sup>-1</sup> se redujo completamente la biomasa de estas especies con 1,2 g de metsulfuron-metil ha<sup>-1</sup>. Por otra parte, la especie *S. arvensis* fue controlada completamente con la dosis más alta empleada (4,8 g de metsulfuron-metil ha<sup>-1</sup>) en el tratamiento sin cal; en cambio,



**Figura 3.** Rendimiento de granos de trigo después de la aplicación de diferentes dosis de metsulfuron-metil bajo distintas dosis de carbonato de calcio aplicado al suelo.

**Figure 3.** Grain yield of wheat after the application of different doses from metsulfuron-methyl under different doses of calcium carbonate applied from the soil.

con 5 y 10 t cal ha<sup>-1</sup>, se consiguió el mismo control a partir de 2,4 g de metsulfuron-metil ha<sup>-1</sup>. El control total de las especies invasoras se logró con 3,6 g i.a ha<sup>-1</sup> de metsulfuron-metil en condiciones de 5 o 10 t de carbonato de calcio (Figura 2), sin embargo, con igual dosis de herbicida, solo se alcanzó un control igual a 85%, cuando no existieron aplicaciones de CaCO<sub>3</sub>. En condiciones de ausencia de enmiendas calcáreas se controló solamente el 90% del total de malezas con la dosis máxima evaluada en este estudio (4,8 g i.a ha<sup>-1</sup>). La mayor eficacia de control de metsulfuron-metil observada, tanto para las especies dominantes indicadas como para el total de malezas presentes, sería consecuencia del aumento de la proporción de herbicida disponible en la solución suelo por menor adsorción en condiciones de pH mas alto (Abdullah et al., 2001) y por el incremento de su persistencia por una menor tasa de hidrólisis (Rahman et al., 1996); generándose una condición de mayor biodisponibilidad del herbicida. Estos resultados sugieren una revisión de la dosis de metsulfuron-metil habitualmente usada en estos suelos ( 4,8 g i.a. ha<sup>-1</sup>) dependiendo del tipo de suelo y la dosis de enmienda calcárea empleada.

Los valores observados de rendimiento de granos se muestran en la Figura 3. En estos resultados se observa que la mínima dosis de metsulfuron-metil que permitió incrementos significativos del rendimiento de granos es de 2,4 g de metsulfuron-metil ha<sup>-1</sup> en condiciones del pH inicial del suelo. En cambio, al modificar la reacción del suelo con aplicaciones de 5 o 10 t de cal ha<sup>-1</sup>, se consiguió el mismo efecto sobre el rendimiento de granos con solo 1,2 g i.a. ha<sup>-1</sup>, sin existir diferencias significativas entre las dosis de cal utilizadas.

Los resultados presentados sugieren el incremento de la eficacia de metsulfuron-metil al aumentar el pH del suelo con aplicaciones de cal. Es posible inferir que el aumento de la eficacia del herbicida sea consecuencia de un efecto conjunto de dos factores. El primer factor, lo constituiría la mayor habilidad competitiva del cultivo, que reduciría el desarrollo de la malezas y el segundo, la mayor disponibilidad del herbicida en la solución suelo, que permitiría mejorar la eficacia de metsulfuron-metil. Ambos factores combinados permitirían lograr similares niveles de control, mediante la utilización de menores dosis de herbicida a medida que se incrementa el valor del pH del suelo con las enmiendas calcáreas.

## CONCLUSIONES

El herbicida metsulfuron-metil aumenta la eficacia sobre de control de malezas en el cultivo de trigo con el incremento del pH del suelo, logrado a través del encalado con aplicaciones de carbonato de calcio, en suelos derivados de cenizas volcánicas.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Dirección de Investigación y Desarrollo de la Universidad Austral de Chile por el apoyo financiero del proyecto DID S-200436, que permitieron la realización de este estudio.

**BIBLIOGRAFIA**

- ABDULLAH, A., SINNAKKANNU, S., TAHIR, N. 2001. Adsorption-desorption behaviour of metsulfuron-methyl in selected Malaysian agriculture. *Fresenius Environment Bulletin* 10: 94-97.
- BEYER, E.M., BROWN, H.M., DUFFY, M.J. 1987. Sulfonylurea herbicide soil relations. In: *Proceedings 1987 British Crop Protection Conference on Weeds*. p.531-540.
- BLACKLOW, W., PHELOUNG, P. 1992. Sulfonylurea herbicides applied to acid sand soils: Movement, persistence and activity within the growing season. *Australian Journal of Agricultural Research* 43:1205-1216.
- BLAIR, A.M., MARTIN, T.D. 1988. A review of the activity, fate and mode of action of sulfonylurea herbicides. *Pesticide Science* 22: 195-219.
- BROWN, H.M. 1990. Mode of action, crop selectivity, and soil relations of the sulfonylurea herbicides. *Pesticide Science* 29: 263-281.
- CASTRO, M.C., BEDMAR, F., MONTERUBBIANESI, M.G., PERETTI, A., BARASSI, C.A. 2002. Determination of chlorimuron and metsulfuron residues in two soils of Argentina using a rapid seed-bioassay. *Journal of Environmental Biology* 23: 353-358.
- CIUBERKIS, S. 1996. Changes of weed flora depending on soil reaction and fertilization. *Proceedings of the Second International Weed Control Congress*. Copenhagen, Denmark. 25-28 June 1996. 1-4:221-225.
- CIUBERKIENE, D., CIUBERKIS, S., KONCIUS, D. 2003. Changes in soil agrochemical properties, weed flora and productivity of the rotation in differently limed and fertilized soil. *Zemdirbyste Mokslo Darbai* 83:111-125.
- HAY, J.V. 1990. Chemistry of sulfonylurea herbicides. *Pesticide Science* 29: 247 - 261
- HOLLOWAY, J.C., COLE, A.W., SHAW, D.R. 1995. Effect of soil type and liming rates on rotational forage crop injury following metsulfuron-methyl. *Weed Technology* 9:286-293.
- HYUN, S.H., LEE, L.S. 2004. Factors controlling sorption of prosulfuron by variable-charge soils and model sorbents. *Journal of Environmental Quality* 33(4):1354-1361.
- K O T O U L A - S Y K A , E . , ELEFTHEROHORINOS, I.G., GAGIANAS, A.A, SFICAS, A.G. 1993. Phytotoxicity and persistence of chlorsulfuron, metsulfuron-methyl, triasulfuron and tribenuron-methyl in three soils. *Weed Research* 33: 355-367.
- MORA, M.L., DEMANET, R. 1999. Uso de enmiendas calcáreas en suelos acidificados. *Frontera Agrícola* 5:43-58.
- RAHMAN, A., JAMES, T.K., CORNWELL, M.J. 1996. Influence of lime on activity and persistence of tribenuron and thifensulfuron in soil . *49th Conference Proceedings of the New Zealand Plant Protection*. p.202-206.
- WALKER, A., COTTERILL, E.G., WELCH, S.J. 1989. Adsorption and degradation of chlorsulfuron and metsulfuron-methyl in soils from different depths. *Weed Research* 29:281-287.